Zur Methodik der Sensibilitätsprüfung an Zähnen

Untersuchungen über die Empfindlichkeit des gesunden Dentins und des intakten Zahnes auf Wärmeeinwirkung

---

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der hohen medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

Max Spreng

Arzt und Zahnarzt

aus Basel

Art. Institut Orell Füssli, Zürich

1925

Von der medizinischen Fakultät Basel genehmigt auf Antrag von
Prof. Dr. med. R. Bing

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

In dem
„Schweizer Archiv für Neurologie und Psychiatrie"
Band XVII, Heft 2, 1925
erschienen

Zur Methodik der Sensibilitätsprüfung an Zähnen.

Untersuchungen über die Empfindlichkeit des gesunden Dentins und des intakten Zahnes auf Wärmeeinwirkung.

Von MAX SPRENG

(Mit 6 Figuren.)

Einleitung.

Jeder Zahn mit lebender Pulpa besitzt Sensibilität; es ist dies eine natürliche Lebensäusserung. Wenn wir die zahnärztliche Literatur durchgehen, fällt uns auf, dass ein Unterschied gemacht wird zwischen normaler Sensibilität und gesteigerter oder Hyperästhesie. Worauf die Verschiedenheit dieser Lebensäusserung beruht, ist unbekannt. Dass ein Unterschied in der Empfindlichkeit des Dentins vorhanden ist, kann jeder Praktiker bestätigen; denn die Zähne des einen Patienten sind bei der Behandlung empfindlicher als die des andern. Wir können auch ohne weiteres beobachten, dass der selbe Zahn verschiedene Empfindlichkeit aufweist, je nach der Stelle, an der wir arbeiten. So treffen wir an der Schmelzdentingrenze, in der Zahnhalsgegend und selbstverständlich je näher wir der Pulpa kommen, auf grössere Empfindlichkeit. Wir begegnen auch einer gesteigerten Empfindlichkeit bei Zuständen, die den ganzen Körper betreffen. So fällt uns eine vermehrte Empfindlichkeit auf z. B. bei chlorotischen Mädchen, bei Schwangeren und merkwürdigerweise vielfach auch bei älteren Leuten, bei denen doch die Pulpa sich mehr und mehr verkleinert. Es ist also Tatsache, dass wir praktisch eine Verschiedenheit der Zahnempfindlichkeit bei verschiedenen Individuen konstatieren, ja, dass die Zähne der selben Person verschieden empfindlich sind. Wir sprechen rein willkürlich von normaler oder abnormaler Sensibilität, die sich natürlich immer auf kranke Zähne bezieht. Trotzdem das Sensibilitätsproblem intensiv bearbeitet worden ist, wurde der Begriff der normalen Sensibilität, resp. der Hyperästhesie, noch nicht wissenschaftlich genau fixiert.

Wann ist ein Zahn normal sensibel, wann nicht? An Umschreibungen dieser Antwort wird kein Mangel sein; aber der wissenschaftlich klar begründete und durch das Experiment erprobte Entscheid wird fehlen. Sicher wird der Zahnarzt A. rein empirisch unterscheiden können zwischen niedrigerer — also landläufig normaler — und gesteigerter Sensibilität; der Zahnarzt B. hingegen wird einen ganz anderen Begriff vom Grade der Lebensäusserung des gleichen Zahnes haben. Dieser Grad wird je nach

der Arbeitsweise verschieden sein; der eine wird dem Zahne grössere resp. kleinere Reize zumuten als der andere. Wir haben es also mit einem rein individuellen Begriffe zu tun, der sich ganz nach der individuellen Veranlagung, nach dem Können usw. des Zahnarztes richtet. Dabei soll aber nicht vergessen werden, dass es Zähne gibt, bei denen schon ganz geringe äussere Reize Schmerz auslösen. Solche Zähne sind immer defekt. Unrichtig ist aber die Ansicht, dass vom Schmelz entblösstes gesundes Dentin an und für sich schon schmerzhaft sei.

Nach was wir streben, ist ein Mass, eine Norm, wonach die Sensibilität gemessen wird und worauf alle Abweichungen bezogen werden können. Dies kann praktisch nur durch Prüfung der Sensibilität der Zähne mit verschiedenen Methoden und deren Vergleichung erreicht werden. Verschiedene Reize lösen eine Reaktion von seiten des Zahnes aus; mechanisch, chemisch, thermisch, elektrisch lässt er sich reizen; aber welches die Normaldosis für einen normal reagierenden Zahn ist, das möchten wir gerne wissen.

Ich habe mir die Aufgabe gestellt, eine Methode anzugeben, nach welcher die Reaktion der Zähne auf Wärmeeinwirkung geprüft werden kann.

An Hand einiger Fälle, die nachfolgend beschrieben sind, soll versucht werden, die Methode darzustellen.

Die Reizleitung im Zahne.

Es ist für uns sehr wichtig, zu wissen, wodurch denn überhaupt die Reizleitung zustande kommt, und es sollen deshalb die hauptsächlichsten Meinungen in einer Übersicht gegeben werden.

Was die Reizleitung in den harten Zahnsubstanzen — gemeint ist hauptsächlich das Dentin — betrifft, müssen wir zwei Richtungen unterscheiden:

Erstens. Die Reizleitung geschieht durch Nervenfasern im Dentin. *(Boll, Morgenstern, Römer, Mummery, Dependorf, Fritsch.)* Auf diese stützen sich *H. Türkheim* und andere. *Türkheim* wird hervorgehoben, weil wir auf seine Untersuchungen noch zurückkommen müssen.

Zweitens. Die Reizleitung durch Nervenfasern wird abgelehnt. *(Walkhoff, Gysi, Black.)*

Bevor man daran ging, mikroskopisch die Nervenversorgung des Zahnes und seiner einzelnen Bestandteile zu untersuchen, musste man sich mit theoretischen Erwägungen begnügen. Ganz allmählich mit dem Fortschritt in der mikroskopischen Technik suchte man die Nervenverteilung in der Pulpa und in den übrigen Zahnbestandteilen zu erforschen.

So hat *Boll* im Jahre 1868 angegeben, dass zahlreiche markhaltige Nervenfasern in Bündeln in der Längsachse des Zahnes aufsteigen und

allmählich in marklose Fasern übergehen, die besonders unter den Odontoblasten ein dichtes Netzwerk bilden. Ohne einen Nachweis dafür zu erbringen, nimmt er an, es träten feine Fibrillen in die Zahnbeinröhrchen.

Auch *Morgenstern* gibt im Jahre 1892 an, auf seinen Präparaten Nerven gefunden zu haben, die teilweise in den Dentinkanälchen, teilweise in der Dentinsubstanz liegen und an der Schmelzzahnbeingrenze endigen.

Ebenso beschreibt *Walkhoff* im Jahre 1895 feine Fasern zwischen den Odontoblasten und ihr Eindringen in das Dentin. Er hielt dieselben für die „vielgesuchten Nerven" des Zahnbeins. Wir werden sehen, dass *Walkhoff* nach intensiveren Untersuchungen zu andern Resultaten gekommen ist.

Nach ihm, nämlich 1898, gibt *Huber* an, dass feine Nervenfibrillen zwischen den Odontoblasten oder zwischen diesen und dem Dentin verlaufen, aber ohne Zusammenhang mit den Zahnbeinfasern. Er glaubt, dass von den Forschern feine Bindegewebsfibrillen und Ausläufer der Pulpazellen irrtümlicherweise für Nervenfibrillen gehalten werden.

Weiterhin beschreibt *Römer* marklose Nervenfasern, die bis in die Dentinfortsätze der Odontoblasten verfolgt werden können. Er schloss sich den Angaben *Boll*'s an, konnte sich dagegen mit den *Morgenstern*'schen Untersuchungen im allgemeinen nicht einig erklären. Gleichwohl glaubte er, wenn er auch Nervenfasern im Zahnbeine selbst nicht gesehen hatte, dass ein grosser Teil der Zahnbeinröhrchen, welche sich an der Schmelzdentingrenze zu den sogenannten kolbenförmigen Fortsätzen erweitern, die letzten Nervenendigungen enthalten. In diesen kolbenförmigen Erweiterungen beschreibt er kleine Körperchen, welche nach ihm als Endkörperchen der sensiblen Nerven des Zahnbeines zu betrachten sind, analog den Endkörperchen der sensiblen Nerven der Haut und Schleimhautpapillen.

Von den neueren Autoren, die sich mit der Nervenfrage beschäftigt haben, sind zu nennen *Mummery*, *Dependorf* und *Fritsch*. Alle drei geben an, auf ihren Präparaten Nervenfasern gesehen zu haben, welche von der Pulpa aus in das Dentin — sowohl in die Grundsubstanz als auch in die Dentinkanälchen — eintreten.

Diesen Angaben trat und tritt nun in neuester Zeit *Walkhoff* durch ausführliche Abhandlungen entgegen. Ganz besonders setzte er sich mit den Ausführungen *Dependorf*'s auseinander.

Walkhoff vertrat ja 1895, wie schon erwähnt, eine andere Meinung. Die Angaben von *Höhl* und von *von Korff*, welche ähnliche Fasern wie *Walkhoff* mit Bindegewebsfärbungen erhalten haben, brachten ihn dazu, an der Deutung seiner vermeintlichen Nervenfasern zu zweifeln. So hat er durch langwierige Untersuchungen seine heute von ihm vertretene Meinung geschaffen. *Walkhoff* sagt: „Ich habe nun an sehr zahlreichen Präparaten, welche nach den verschiedenen Gold- wie Silberimprägnations-

methoden hergestellt wurden, feststellen können, dass zwar parallel der Pulpadentingrenze fertiger menschlicher Zähne, um die es sich bei der Erklärung der hier zu beobachtenden Dentinempfindlichkeit nur handeln kann, zahlreiche Nervenfasern verlaufen, anderseits aber verhältnismässig nur recht wenige derselben sich von dieser parallelen Nervenlage aufrichten und gegen die erstere ziehen. Keinesfalls zieht aber etwa zu jedem Dentinkanälchen eine unzweifelhafte Nervenfaser, wie man dann ohne weiteres schloss, ohne irgendeinen Beweis dafür zu liefern!" Weiterhin führt *Walkhoff* aus: „Es kommen aber nun Ausnahmen vor, dergestalt, dass Einzelfasern bei Anwendung der Versilberungsmethoden zumeist allerdings vereinzelt im fertigen Zahnbein erscheinen, und zwar sowohl am Übergange von der Pulpa zum Dentin, wie, wenn auch sehr selten, im Zahnbeine selbst, teils sogar unter Verzweigungen. Diese vereinzelten Fasern im Dentin können aus verschiedenen Gründen entstehen. Einerseits findet man solche in Zähnen, die von jugendlichen Individuen stammen. Es können vereinzelt sogenannte *v. Korff*'sche Fasern stehen bleiben, die bei der Imprägnation derselben mit Silber (nach der *Bielschowsky*'schen Methode) dann deutlich zutage treten, aber auch Nerven vortäuschen. Sie verlaufen gewöhnlich verhältnismässig recht gerade und deuten darauf hin, dass es sich um Bindegewebsfasern handelt!"

Da *Dependorf* die eingehendste Darstellung der Nervenfasern im Zahnbeine gegeben hat, tritt *Walkhoff* in seinen neuesten Arbeiten hauptsächlich ihm entgegen, gibt aber in Übereinstimmung mit *Dependorf* an, dass Nerven parallel zur Pulpadentingrenze verlaufen. Von diesen mehr parallel gerichteten Fasern steigen vereinzelte senkrecht oder schräg in die Odontoblastenschicht hinein. Dagegen lehnt er die Ansicht *Dependorf*'s ab, dass die Odontoblasten von einer „ausserordentlichen, ausgiebigen, feinen Verzweigung von marklosen Nervenfasern durchsetzt" sei und dass die Fasern „grösstenteils durch die Odontoblasten hindurch" gehen.

Walkhoff verneint ebenfalls strikte das Herantreten von Nervenfasern zu den *Tomes*'schen Fasern und deren Verlauf in den Dentinkanälchen oder in der Dentingrundsubstanz, d. h. *Walkhoff* lehnt überhaupt das Vorhandensein von Nerven im Dentin ab und führt aus: „Nach dem Gesagten dürfte der Theorie, dass die Dentinfortsätze der Odontoblasten die Leiter der Reize, welche die Oberfläche des freien Zahnbeins treffen, auch vom physiologischen Standpunkte aus nichts im Wege stehen. Jedenfalls hat sie meines Erachtens mehr Berechtigung, solange nicht vollkommen einwandfrei überall Nerven im Dentin nachgewiesen sind, also Elemente, die spezifisch und ausschliesslich die Funktion der Reizfortleitung versehen, und zwar vor allem an der Dentinschmelzgrenze, wo wir offenbar die höchste Erregungsfähigkeit des Zahnbeins täglich feststellen können. Was bisher von den Autoren für die Anwesenheit von Nerven

im Zahnbein zur Erklärung seiner Empfindlichkeit bzw. seiner Hyperästhesie anatomisch vorgebracht wurde, beruhte auf vollkommen unzureichenden Methoden und Untersuchungen, die nur zu grossen Selbsttäuschungen jener führten."

Damit kommen wir zur Besprechung, wie die Reizleitung im Dentin ohne die Anwesenheit von Nerven zustande kommen kann. Das Ablehnen von Dentinnerven lässt zur Erklärung der Reizleitung freie Bahn. Es ist leicht verständlich, dass man dazu die tatsächlich nachgewiesenen lebenden Bestandteile des Dentins, nämlich die *Tomes*'schen Fasern als Ausläufer der lebenden Odontoblastenzellen heranziehen musste. Es ist auch klar, dass dadurch verschiedene Erklärungsmöglichkeiten offen waren.

So gibt *Gysi* an, die Schmerzempfindung beim Berühren mit Instrumenten sei eine direkte Druckwirkung auf die Flüssigkeitssäule der Kanälchen resp. der *Tomes*'schen Fasern.

Black hat gefunden, dass, wenn man die *Tomes*'schen Fasern im Zusammenhange mit den zugehörigen Odontoblasten aus den Dentinkanälchen herauszieht und färbt, sie sich zu den Farbstoffen genau gleich verhalten wie die Kerne der Zellen. Das Vorhandensein von Nerven im Dentin weist er zurück und führt zur Erklärung der Reizleitung folgendes aus: „Die *Tomes*'sche Faser ist also hochorganisierte, lebende und funktionierende Zellsubstanz, ein Teil der Odontoblastenzelle, eine Verlängerung ihrer Kernsubstanz, gewissermassen ein funktionierendes Organ der Zelle. Wenn wir also eine solche Faser berühren, so berühren wir damit einen lebenden Teil der Odontoblastenzelle selbst. Diese letztere steht, wie vielfach nachgewiesen, in physiologischer Verbindung mit Nervenendigungen; daher wird der Reiz, der durch Verletzung der Faser entsteht, durch Nerven zum Gehirn geleitet und dort in eine Schmerzempfindung umgesetzt."

Um die nun nachfolgende Erklärung *Walkhoff*'s über die Reizleitung im Dentin verstehen zu können, ist es notwendig, einige Ergebnisse seiner neuesten Untersuchungen zu besprechen.

Bei seinen jetzigen Präparaten wendete er die mikrophotographische Aufnahme der Strukturelemente mittels ultravioletten Lichtes an. Dadurch sollen die mikroskopischen Feinheiten viel intensiver zutage treten als dies bei den bisherigen Methoden der Fall war. Auf diese Weise hat *Walkhoff* ausserordentlich wichtige Resultate erreicht und kann nun die Struktur der Dentinfortsätze wie folgt angeben: „Mit Hilfe des letzteren (ultraviolettes Licht) konnte ich mit Sicherheit feststellen, dass auch die Dentinfortsätze röhrenförmige Gebilde sind, in denen ein fein gekörntes Protoplasma liegt, das die direkte Fortsetzung desjenigen im Zelleibe der Odontoblasten bildet. Die Röhre selbst ist ebenfalls die unmittelbare Fortsetzung einer allerdings äusserst dünnen Zellmembran der Odontoblasten."

Walkhoff fasst also den Dentinfortsatz und die Odontoblastenzelle als physiologische Einheit auf und ist der Ansicht, die Empfindung äusserer Reize im Zahnbeine geschehe durch das Zellprotoplasma der Dentinfortsätze der Odontoblasten, welches indirekt unter dem Einflusse von Nerven stehe. Wir sehen daraus, dass er mit *Black* übereinstimmt, die Weiterleitung der Reize mittels Nerven geschehe erst durch die Nerven, welche in der Pulpa mit der Odontoblastenschicht in Verbindung stehen.

Das Empfindungsvermögen der Zähne resp. des Dentins.

Steiner hat 1901 Versuche über die Berührungs- resp. Tastempfindung, sowie Wärmeempfindung der Zähne angestellt. Berührte er Zähne leicht mit einem an einer Pinzette gehaltenen Wattebausch, so wurde die Berührung nicht gespürt. Bei Anwendung von etwas Druck — die Druckstärke wird nicht angegeben — gab die Versuchsperson, deren Augen verbunden waren, Empfindung an. Ebenso wurde das leichte Bestreichen des Zahnes mit der Fingerkuppe oder einem Glasstabe gefühlt. Die Berührung mit einem trockenen Schwamme wurde immer angegeben, mit dem nassen, also weichen Schwamm, nicht. *Steiner* schloss daraus, dass der intakte Zahn deutlich Tastempfindung besitze, die aber geringer ist als die des Zahnfleisches und der Mundschleimhaut. Wichtiger sind für das Nachfolgende seine Prüfungen der Temperaturempfindung intakter Zähne. Seine Methode bestand darin, dass er Thermometer im Sandbade erwärmte und die erwärmte Thermometerkugel an den Zahn brachte. Zugleich wurde die vorhandene Temperatur abgelesen. Der Verlust an Wärme vom Wegnehmen aus dem Sandbade bis zum Hinbringen an den Zahn wird mit 5° C. angegeben. Durch diese Prüfungen wurden folgende Werte erhalten:

bei	78° C.	keine Wärmeempfindung
„	80° C.	echte „
„	95° C.	Schmerzempfindung
„	5° C.	Kälteempfindung
„	−15° C.	noch kein Kälteschmerz.

Aus diesen Versuchen schloss *Steiner*, dass der intakte Zahn eine Temperatur- und Schmerzempfinduug erst bei höheren Temperaturen aufweise, und bemerkt, dass die Werte noch höher liegen könnten als die von ihm erhaltenen. Diese Versuche wurden an den Frontzähnen zweier Personen ausgeführt, die regelmässig die gleichen Werte angegeben haben.

Ein paar Jahre später stellte *Ceconi* durch Berühren gesunder Zähne mit Watte oder Holzstäbchen fest, dass auch schwache Reize vom Zahne empfunden werden.

Da Untersuchungen über das Empfindungsvermögen des gesunden Dentins fehlen, hat *Türkheim* 1922 es unternommen, zu prüfen, wie sich das Dentin gegenüber äusseren Reizen verhält. Zugleich wollte er beant-

worten, welche Organe im Dentin als Empfindungsträger anzusehen sind. Uns interessieren vor allem seine Angaben über Wärmeprüfungen.

Türkheim bestreitet, dass die Pulpa überhaupt imstande sei, Temperaturunterschiede zu „empfinden", und gibt an, dass normales Dentin Temperaturen von 27° C. nicht als „warm" oder „kalt", sondern als Schmerz empfinde. Bei diesen Untersuchungen wurden kariöse Zähne, deren Pulpa dem Patienten noch keine subjektiven Symptome einer Erkrankung anzeigte, exkaviert, bis hartes normales (?) Zahnbein freilag. Die Zähne wurden mit einer gewöhnlichen Wasserspritze und entsprechend temperiertem Wasser angespritzt, d. h. es wurde Wasser von 37,5° C. jeweils um 1° abgekühlt und die Angabe des Patienten, ob der Zahn nur empfindlich oder schmerzhaft sei, notiert. Bei diesen Prüfungen hat sich gezeigt, dass zwischen 27° und 30° C. am meisten „Empfindung und Schmerz" verspürt wird.

Türkheim erklärt selbst, dass diese Art der Untersuchung sich nicht mit den Methoden der experimentellen Physiologie vergleichen lässt.

Sicherlich darf diese Untersuchungsart nicht Anspruch auf Exaktheit erheben. Bei diesem Vorgehen müssen unbedingt mehrere Zähne vom Wasser angespritzt werden, und wir erfahren nicht, in welchem Zustande sich die nebenstehenden Zähne befunden haben. *Steiner* isolierte seinerzeit die zu untersuchenden Zähne, obwohl bei seiner Methode eine Isolation kaum in Betracht kam, da ein Zahn nach dem andern getrennt untersucht werden konnte; wieviel mehr wäre eine Isolation bei den *Türkheim*'schen Proben nötig gewesen, wo es unmöglich ist, ohne diese Vorsichtsmassregel Zähne unabhängig voneinander zu untersuchen.

Es ist eine Tatsache, dass von einem erkrankten Zahne — und *Türkheim*'s Untersuchungen beziehen sich effektiv auf solche — der Schmerz bei der Wasserprobe vielfach überhaupt nicht lokalisiert werden kann. Ebenso ist bei *Türkheim*'s Angaben durchaus unsicher, ob er überhaupt an normalem Dentin gearbeitet hat. Exkavieren wir nämlich kariöse Zähne, bis wir auf hartes Zahnbein treffen, so haben wir im klinischen Sinne wohl normales Zahnbein vor uns, im pathologischen Sinne aber kaum, wenn auch die Pulpa noch gar keine subjektiven Symptome verursacht hat. Exakte Untersuchungen sollten womöglich an wirklich normalem Dentin vorgenommen werden. Es ist ja richtig, dass diese Forderung, streng genommen, nicht immer erfüllt werden kann, da wir die zu untersuchenden Zähne nicht vorher mikroskopisch untersuchen können. Dies ist schliesslich auch nicht notwendig, wenn wir Zähne verwenden, von denen wir annehmen können, das Dentin sei im klinischen wie im mikroskopischen Sinne normal. Diese Forderung kann nur erfüllt werden, indem wir an intakten Zähnen einen Teil des Schmelzes entfernen und dann das vorliegende Dentin untersuchen.

Türkheim stellt in seiner Arbeit nachstehenden Satz auf: „So ergibt sich die bemerkenswerte Tatsache, dass Reize, die an anderen Stellen des Organismus nur Empfindungen erzeugen, vom Dentin als Schmerz empfunden werden."

Es ist Tatsache, dass äussere Reize, die auf der Haut resp. Mundschleimhaut nur Empfindung bewirken, im Dentin schon Schmerz erzeugen können. Damit soll aber nicht gesagt sein, dass das gesunde Dentin äussere Reize nur mit Schmerzempfindung quittiert, sondern es ist befähigt, Reize wie Berührung, d. h. also leichten Druck, zu empfinden und in gewissem Sinne zu lokalisieren.

Eröffnen wir an einem intakten Molaren die Kauflächenfissuren, erweitern die Kavität möglichst breit und schneiden bis knapp unter die Schmelzdentingrenze, berühren wir dann an einer Ecke der Kavität das Dentin mit einer Sonde, so wird die Versuchsperson die Berührung empfinden und bei Veränderung des Ortes das angeben können. Vielfach wird angegeben werden können, ob wir den Berührungsort nach vorne resp. nach hinten verlegt haben.

In vielen Fällen aber kann, nach meinen Beobachtungen wenigstens, nur angegeben werden, dass der Berührungsort geändert wurde, ohne genaue Fixierung in welcher Richtung.

Andererseits ist anzugeben, dass auf Reize, welche an der Haut und an den Schleimhäuten die für die betreffenden Reize charakteristischen Empfindungen hervorrufen, das Dentin mit Schmerz reagiert. Die Reizdosis, die nötig ist, um Schmerz hervorzurufen, ist allerdings verschieden und hängt vom physiologischen Zustande des Dentins ab. Je nachdem normales resp. erkranktes Dentin vorliegt, haben wir es mit normaler resp. pathologischer Sensibilität (Hyperästhesie) zu tun. Reize zur Schmerzerzeugung müssen also grösser resp. kleiner bemessen sein, je nach dem Zustande des Dentins.

Wir wollen uns im Vorliegenden nicht mit der Hyperästhesie befassen, sondern die Reaktion von normalem Dentin auf Wärmereize untersuchen, und dabei nicht vergessen, dass weder der Vorgang der normalen Dentinempfindlichkeit noch der Hyperästhesie eindeutig geklärt ist.

Da mich weder die Untersuchungsart *Steiner*'s, noch diejenige *Türkheim*'s befriedigen konnte, suchte ich nach einer exakteren, einfacheren und handlicheren Methode, um möglichst genauen Aufschluss über die Reaktion der Zähne resp. des Dentins auf Wärme zu erhalten. *Steiner* gibt bei seinen Untersuchungen Wärmeempfindung an, *Türkheim* anerkennt nur Schmerzreaktion. Ersterer erhielt hohe Werte bis zur Schmerzempfindung, letzterer geringe. Irgend etwas musste diesen Unterschied ausmachen! *Steiner* untersuchte allerdings intakte Zähne, während *Türkheim* Dentin untersuchte. Aber ist anzunehmen, dass die zum Teil dünne Schmelzdecke

solche Unterschiede bedingen kann? Sollte der Schmelz die Wärme so abschwächen, dass die Einwirkung auf das Dentin sozusagen aufgehoben wird? *Türkheim* geht nun allerdings vom Standpunkt aus, die Empfindung im Dentin gehe direkt von den in ihm enthaltenen Nerven aus. Er sagt: „Das Dentin reagiert auf äussere Reize mit Schmerz. Die Schmerzpunkte in der äusseren Haut und in der Kornea, die nur Schmerzpunkte führt, sind die freien Nervenendigungen. Also sind die Empfindungsträger im Dentin ebenfalls Nerven, denn das Protoplasma allein nimmt nur in den Sinnesorganen Reize auf und leitet sie weiter." — Und: „Mithin ist die Protoplasmatheorie von *Walkhoff* vorläufig überwunden und die Wahrscheinlichkeit, dass Nerven im Dentin Empfindungsträger sind, so gross, dass alle andern Erklärungen überflüssig werden."

Diese Argumentation über das Vorhandensein von Nerven im Dentin stützt *Türkheim* auf die Untersuchungen von *Dependorf* und *Fritsch*. Die neuesten Angaben *Walkhoff*'s über diesen Punkt konnte er noch nicht kennen.

Man mag sich zu der Frage der Reizleitung im gesunden Dentin stellen wie man will, die enormen Unterschiede *Steiner*'s bei intakten Zähnen und *Türkheim*'s bei angeblich gesundem Dentin müssen auffallen. So komme ich dazu, eine Untersuchungsart anzugeben, nach welcher Wärmeprüfungen, sei es am intakten Zahne oder am Dentin, relativ bequem ausgeführt werden können.

Zu diesem Zwecke musste ein Apparat konstruiert werden, mit dem es möglich ist, Wärme an den Zahn zu bringen. Und zwar soll der Apparat Temperaturen, abgestuft von Grad zu Grad, zulassen. Gleichzeitig müssen wir die an das Prüfungsobjekt gebrachte Wärme jederzeit bestimmen resp. ablesen können. Um diesen Forderungen gerecht zu werden, habe ich nachstehend beschriebenen Apparat zusammengestellt und glaube, damit das erreichen zu können, wonach ich suchte.

Beschreibung des Apparates und der Methode.

Der Apparat ist aus einfachen Mitteln zusammengesetzt und besteht aus einem Thermokautergriff mit Ansatz. An die Kauterschlinge wurde eine Verlängerung aus Kupferblech mit 22karatigem Goldlot angelötet. Das Kupferblech besitzt eine Dicke von 0,3 mm, eine Breite von 1,7 mm und eine Länge von 5 cm. Die Kauterschlinge dient als Heizkörper und der Kupferdraht leitet die erzeugte Wärme weiter. Am Kautergriff ist ein in ganze Grade eingeteiltes Thermometer befestigt, dessen Quecksilberspitze etwa ½ cm vor dem Ende des Kupferbleches liegt. Thermometer und Kupferleiter sind in der Gegend des Quecksilberbehälters durch einen

einfachen Ligaturendraht, wie er in der Zahnheilkunde gebräuchlich ist, miteinander verbunden. Auf diese Weise soll die erzeugte Temperatur direkt auf das Thermometer übertragen werden. Damit das Thermometer nur die Menge Temperatur aufnimmt, welche von dem an ihm befestigten Kupferteil ausgeht, musste eine Isolation hergestellt werden, die Thermometer und Heizquelle, wie auch Kupferleiter voneinander trennt. Diese Isolation besteht aus Asbest, und zwar so, dass zwischen diesem und der Wärmequelle eine Luftschicht von 1 cm sich befindet. Ebenso ist eine Luftschicht zwischen Thermometer und Asbest vorhanden. Der Asbest wird durch Drähte in seiner ihm bestimmten Lage gehalten. Auf diese Weise ist es mir nach vielen Versuchen gelungen, unerwünschte Wärmemengen — also Fehlerquellen — vom Thermometer abzuhalten.

Der Kupferleiter ist an seinem Ende umgebogen, so dass eine Fläche von 1,7 : 2,5 mm vorhanden ist, die an das zu untersuchende Objekt zu liegen kommt. Die gleiche Fläche liegt an der Quecksilberspitze des Thermometers. Nachdem der Apparat wie beschrieben hergestellt war, musste geprüft werden, ob das Thermometer wirklich die Temperatur anzeige, die am Ende des Kupferleiters vorhanden ist. Zu diesem Zwecke wurde dieses Ende auf gleiche Weise wie beim ersten Thermometer mit einem zweiten verbunden und die Temperaturausschläge auf beiden gleichzeitig verglichen. Viele Vergleichsresultate haben ergeben, dass durch das Kupferende durchschnittlich ein Grad weniger Temperatur abgegeben wird als am festsitzenden Thermometer angezeigt wird. Trotz dieser Ergebnisse möchte ich beim Prüfen von Zähnen durchschnittlich ein um 5^0 vermindertes Resultat annehmen. Beide verwendeten Thermometer sind von gleicher Art, sehr empfindlich und geprüft. Der Thermokauter wurde an einem Pantostat angeschlossen und von hier aus langsam ansteigend erwärmt. Der Pantostat muss von einer zweiten Person bedient werden.

Der Apparat ist durch die Figuren 1, 2, 3 und 4 schematisch wiedergegeben.

Es scheint mir wichtig, zu bemerken, dass die Temperaturausschläge am Thermometer in gewissem Sinne beeinflusst werden können, je nachdem wir den Heizkörper (Kauterschlinge) langsam oder schnell erwärmen. Erwärmen wir langsam, was mit einem Pantostat leicht zu machen ist, so bemerken wir, dass der Quecksilberfaden des Thermometers ruckweise um je ca. $\frac{1}{4}$ Grad sich vorwärts bewegt. Verbinden wir bei diesen Versuchen den Apparat mit dem Kontrollthermometer, so können wir das Gleiche beobachten. Bei schneller ansteigender Erwärmung kann nur gradweises Springen des Quecksilbers abgelesen werden.

Nachdem der Apparat auf beschriebene Weise ausprobiert war, ging ich daran, ihn an geeigneten Patienten zu verwenden. Nach jeder Verwendung wurde immer wieder mit dem zweiten Thermometer nachkontrolliert, und ich bekam ständig die oben angegebenen Resultate.

Bei den Versuchen an Patienten kommt es darauf an, Personen zu finden, von denen man möglichst genaue und zuverlässige Angaben erhalten kann. Bei den von mir untersuchten Leuten glaube ich mit gutem Gewissen annehmen zu dürfen, dass sie mir ihre gemachten Beobachtungen einwandfrei mitgeteilt haben. Ich machte mir zur Aufgabe, Patienten auszuwählen, die je einen intakten Frontzahn und einen intakten Molaren besassen. Es ist mir gelungen, neun Fälle zu untersuchen, die diesen Bedingungen entsprachen. Es wurde mindestens je ein intakter Frontzahn auf Wärme geprüft. Gleichzeitig wurden an den intakten Molaren die Kauflächenfissuren in genügender Breite aufgebohrt und bis wenig unter die Schmelzdentingrenze eröffnet. Auf diese Weise scheint es mir sicher zu sein, gesundes — also normales — Dentin vor mir gehabt zu haben.

Zur Prüfung vorderer Zähne setzte ich das Kupferende ungefähr in der Zahnachse etwas unter der Halbierungslinie an die Krone (Fig. 5) und liess die Wärme langsam sich steigernd einwirken. Die Patienten wurden aufgefordert, anzugeben, wann sie Schmerz verspürten. Die Angaben, dass einige Zeit bevor Schmerz gespürt wird, Wärmeempfindung eintritt, veranlassten mich, einen Teil der Patienten aufzufordern, mit der Hand zu deuten, wann sie die Wärme empfinden. Die angegebenen Temperaturen las ich sogleich am Thermometer ab und notierte die Werte. Sobald mir Wärmeempfindung angegeben wurde, kühlte ich den Apparat auf die Ausgangstemperatur von 20° C. ab. Bei allen Untersuchungen wurde von diesem Thermometerstand aus ausgegangen und ich glaube auch, dass der Apparat nur von dieser Temperatur an mit Erfolg zu gebrauchen ist.

Zur Prüfung des Dentins wurde in gleicher Weise, wie oben für intakte Zähne beschrieben, vorgegangen. Das Kupferende wurde mit dem eben freigelegten Dentin in Berührung gebracht und die erhaltenen Werte notiert (Fig. 6).

Die auf diese Weise erhaltenen Werte sind in der folgenden Tabelle der Übersicht halber zusammengestellt und können in den nachstehend beschriebenen Fällen nachgelesen werden, woselbst die näheren Angaben und übrigen Beobachtungen ausführlich beschrieben sind.

Diese Tabelle zeigt deutlich, dass der intakte Zahn und das gesunde Dentin hohe Temperaturen vertragen, also Reize, die im Gegensatz zu *Türkheim* die Haut kaum imstande wäre auszuhalten, ohne Schaden zu nehmen. Es geht daraus hervor, dass die Angaben *Steiner*'s für intakte Zähne richtig sein können. *Türkheim*'s Angaben aber — wenn er wirklich intaktes Dentin annimmt — fraglich erscheinen müssen.

Die erhaltenen Werte zeigen aber auch, dass *Steiner*'s Annahme, die nötige Temperatur, um an intakten Zähnen Reizerscheinungen hervorzurufen, sei für alle Personen die gleiche, Zweifel aufkommen lässt. Auf alle Fälle halte ich *Türkheim*'s Angaben schon deshalb nicht für fehlerlos, weil

Fälle No.	Geschlecht	Alter Jahre	Zähne: intakt. Zahn	Zähne: Dentin	Wärmeempfindung	Schmerzempfindung	Bemerkung
1.	weiblich	16	$\underline{\lfloor 1}$	—	—	88° C.	—
				$\overline{7\rfloor}$	vorhanden Temp.?	78° C.	
				$\overline{\lfloor 7}$	68° C.	nicht gepr.	—
2.	männlich	16	$\underline{\lfloor 1}$	—	vorhanden Temp.?	50° C.	—
				$\overline{7\rfloor}$	„ „	65° C.	-
3.	weiblich	17	$\underline{\lfloor 1}$	—	„ „	83° C.	-
				$\overline{7\rfloor}$	„ „	75° C.	—
4.	weiblich	23½	$\overline{1\rfloor}$	—	70° C.	130° C. noch keine	—
				$\overline{6\rfloor}$	70° C.	130° C.	-
5.	weiblich	21	$\underline{1\rfloor}$	—	95° C.	115° C.	—
				$\overline{7\rfloor}$	115° C.	148° C.	—
6.	weiblich	17	$\underline{\lfloor 3}$	—	95° C.	135° C.	—
				$\overline{\lfloor 7}$	vorhanden Temp.?	120° C.	-
7.	männlich	16	$\underline{\lfloor 1}$	—	60° C.	68° C.	—
			$\underline{1\rfloor}$	—	62° C.	85° C.	—
				$\overline{\lfloor 7}$	115° C.	145° C.	—
8.	weiblich	25	$\underline{\lfloor 1}$	—	90° C.	105° C.	—
			$\underline{1\rfloor}$	—	75° C.	80° C.	—
				$\overline{7\rfloor}$	vorhanden Temp.?	95° C.	-
9.	männlich	14½	$\overline{2\rfloor}$	—	70° C. (40°)	75° C. (52°)	—
			$\overline{\lfloor 2}$	—	40° C.	48° C.	—
				$\overline{\lfloor 7}$	vorhanden Temp.?	45° C.	leichte Dentinkaries

die Vorbedingungen für seine Untersuchungen nicht einwandfrei sind. Ich wage das zu behaupten, weil ich einige kariöse Zähne — also krankes Dentin — auf Wärmeeinwirkung untersucht und niedrigere Werte erhalten habe.

Zufälligerweise befindet sich unter den von mir beschriebenen Fällen eine Person, die neben den für mich in Frage kommenden Zähnen einen Zahn nach Vorbedingung *Türkheim*'s aufwies. Der bei der Wärmeprüfung erhaltene Wert zeigt deutlich, dass er sich denen *Türkheim*'s nähert.

Es ist klar, dass ich mit meinen Versuchen nicht das abschliessende Wort gesprochen haben möchte, weil die Versuchsreihe in Anbetracht des Ganzen viel zu klein ist. Die vorliegende Arbeit soll aber auch nicht abschliessende Resultate darstellen, sondern sie soll nur den Weg zeigen, wie man nach einer noch nicht beschriebenen Methode Wärmeuntersuchungen an Zähnen vornehmen kann.

Ich habe mir erlaubt, auf Grund meiner Untersuchungen dennoch gewisse Urteile zu fällen, weil ich mich meiner Methode auf Grund vielfacher Kontrolle versichert glaube. Es wird natürlich nötig sein, die angegebene Untersuchungsart weiter zu prüfen, und ich will gerne hoffen, dass damit ein definitives Resultat erreicht werden kann.

Da ich die Überzeugung habe, dass meine beschriebene Methode aussichtsreiche Resultate geben wird, habe ich mir zur Aufgabe gemacht,

meinen Apparat in technisch vollendeterer Form ausführen zu lassen. Ich bin überzeugt, dass meine Methode nicht nur zur Prüfung von Zähnen, sondern auch zur Prüfung der Wärmeempfindung an anderen Stellen des Körpers mit Erfolg angewendet werden kann. Ich gebe das an, weil auch Temperaturuntersuchungen an der Haut vorgenommen wurden, die aber in vorliegender Arbeit nicht von Belang sind. Es mögen vielmehr nun die untersuchten Fälle beschrieben werden.

Fall 1.

Mädchen, 16 Jahre alt. Linker und rechter unterer zweiter Molar weisen geringgradige Schmelzkaries auf. Beide Zähne werden ohne die geringste Schmerzerscheinung bis etwas unter die Schmelzdentingrenze aufgebohrt.

Die Resultate der Wärmeapplikation sind folgende:

Dentinprüfung: $\overline{7}|$ Bei 78° C. Schmerzempfindung. Patientin gibt an, dass sie ein Gefühl der Wärme am Zahne bekommen habe, das sich steigerte, bis plötzlich ein „Stich" (Schmerz) eintrat, der nach Entfernen der Wärme sofort wieder verschwand.

$|\overline{7}$ Bei 68° C. tritt Wärmeempfindung am Zahne auf. Schmerzeintritt wird nicht geprüft.

Prüfung des intakten Zahnes: $\underline{|}1$ Applikation an die Schneide. Bei 98° C. plötzlich „Stich" (Schmerz) ohne vorherige Wärmeempfindung. Applikation näher dem Zahnhalse ergibt bei 88° C. plötzlichen Schmerz, ohne vorherige Wärmeempfindung. Patientin gibt an, dass nach Entfernen der Wärme sich das Schmerzgefühl einen Moment erhöhte, um dann plötzlich zu verschwinden.

Fall 2.

Jüngling, 16 Jahre alt. Rechter unterer intakter zweiter Molar wird ohne Schmerzempfindung aufgebohrt.

Dentinprüfung: $\overline{7}|$ Zuerst Wärmegefühl am Zahne selbst und bei 65° C. plötzlich „Stich" (Schmerz).

Prüfung des intakten Zahnes: $\underline{|}1$ Bei 50° C. Schmerz mit vorangehender sich steigernder Wärmeempfindung. Der geprüfte Vorderzahn war von geringer Dicke.

Fall 3.

Mädchen, 17 Jahre alt. Rechter unterer intakter zweiter Molar wird ohne Schmerzempfindung aufgebohrt.

Dentinprüfung: $\overline{7}|$ Bei 75° C. plötzliches Auftreten von Schmerz bei vorherigem Wärmegefühl am Zahne.

Prüfung des intakten Zahnes: $\underline{|}1$ Bei 83° C. plötzlich „Stich" (Schmerz) mit vorherigem Wärmegefühl am Zahne, das sich bis zum Schmerzeintritt steigerte.

Fall 4.

Fräulein, 23½ Jahre alt. Gut ausgebildete Zähne. Rechter unterer intakter erster Molar wird ohne Schmerzempfindung aufgebohrt.

Dentinprüfung: $\overline{6}|$ Bei 70° C. Auftreten von Wärmegefühl. Die Patientin gibt genau an, dass von geringer Wärme ausgehend dieselbe stärker und stärker wurde mit dem Gefühl, sie wandere von der Krone gegen die Wurzel. Bei 130° C. ging das Wärmegefühl plötzlich in Schmerz über.

Prüfung des intakten Zahnes: $\overline{1}|$ Bei 70° C. Wärmeempfindung, die sich immer mehr steigerte. Es wurde bis zu 145° C. geprüft, ohne dass Schmerzempfindung eintrat.

Bei dieser Prüfung wurde reflektorisches Zittern des Unterkiefers beobachtet. Die Patientin gibt ausdrücklich an, dass die Wärmeempfindung in keiner Weise unangenehm sei und am Zahne selbst verspürt werde.

Fall 5.

Fräulein, 21 Jahre alt. Kräftig ausgebildete Zähne. Rechter unterer intakter zweiter Molar wird ohne Schmerzempfindung aufgebohrt.

Dentinprüfung: $\overline{7}|$ Bei 115° C. Angabe der Wärmeempfindung, sich steigernd, bis bei 148° C. ein „Zuck“ (Schmerz) auftritt.

Prüfung des intakten Zahnes: $|\underline{1}$ Bei 95° C. Wärmegefühl, sich steigernd, bis bei 115° C. ein „Zuck“ (Schmerz) eintritt.

Auch diese Patientin, die die Schwester von Fall 4 ist, gibt ausdrücklich an, dass das Wärmegefühl in keiner Weise unangenehm sei und deutlich am Zahne selbst auftrete.

Fall 6.

Mädchen, 17 Jahre alt. Gut ausgebildete Zähne. Linker oberer intakter zweiter Molar wird ohne Schmerzempfindung aufgebohrt. Die Kavität erstreckte sich etwas tiefer als bei den vorhergehenden.

Dentinprüfung: $|\overline{7}$ Bei 120° C. Schmerz mit vorheriger, allmählich ansteigender Wärmeempfindung.

$\overline{6}|$ Karies bis etwas unter die Schmelzdentingrenze reichend. Das Aufbohren ist unangenehm. Bei der ersten Prüfung Eintritt von Wärmegefühl bei 45° C. Bei der zweiten Prüfung kurzes Wärmegefühl, das bei 35° C. in Schmerz umschlägt. Der Schmerz wird als äusserst unangenehm bezeichnet und hört nach Wegnahme der Wärme sofort auf.

Prüfung des intakten Zahnes: $|\underline{3}$ Bei 95° C. Wärmegefühl, das stärker und stärker werdend bei 135° C. plötzlich Schmerz auslöste. Auch diese Patientin gibt an, dass die Wärmeempfindung nicht unangenehm sei und am Zahne selbst auftrete.

Fall 7.

Jüngling, 16 Jahre alt. Linker unterer, kräftiger, intakter zweiter Molar wird ohne Schmerzempfindung aufgebohrt.

Dentinprüfung: $|\overline{7}$ Bei 115° C. Wärmeempfindung, ohne unangenehm zu sein, sich langsam steigernd, bis bei 145° C. plötzlich ein „Zuck“ (Schmerz) eintritt. Dieses Gefühl wird als sehr unangenehm bezeichnet.

Prüfung des intakten Zahnes: $|\underline{1}$ Zahn mit mehreren Schmelzhypoplasien und von geringer Dicke. Bei 60° C. nicht unangenehme Wärmeempfindung, sich langsam steigernd, bis bei 68° C. ein unangenehmer „Stich“ (Schmerz) eintritt.

$\underline{1}|$ Bei 62° C. nicht unangenehme Wärmeempfindung, sich langsam steigernd, um bei 85° C. einen unangenehmen „Zuck“ (Schmerz) hervorzurufen. Dieser Zahn weist ebenfalls Schmelzhypoplasien auf, aber in geringerem Grade als der vorhergehende.

Fall 8.

Fräulein, 25 Jahre alt. Kräftig entwickelte Zähne. Rechter unterer intakter zweiter Molar wird ohne Schmerzempfindung aufgebohrt.

Dentinprüfung: $\overline{7}|$ Nach langsam sich steigernder Wärmeempfindung Auftreten von äusserst unangenehmem Schmerzgefühl bei 95° C.

Prüfung des intakten Zahnes: $|\underline{1}$ Bei 90° C. Auftreten von Wärmegefühl, das sich beim Entfernen der Wärme in momentanen Schmerz umwandelt. Bei der zweiten Prüfung tritt nach vorherigem, nicht unangenehmem Wärmegefühl bei 105° C. plötzlich ein „Stich“ (Schmerz) auf.

$\underline{1}|$ Bei 75° C. Wärmegefühl, bei 80° C. in Schmerz übergehend. Dieser Zahn schien mir schwächer entwickelt als der vorhergehende.

Fall 9.

Junge, $14\frac{1}{2}$ Jahre alt. Ängstlich. Blasses, unterernährtes Aussehen. Linker unterer zweiter Molar mit geringer Dentinkaries wird aufgebohrt, wobei Schmerzempfindung angegeben wird.

Dentinprüfung: $\overline{|7}$ Bei 45° C. Schmerz mit vorheriger Wärmeempfindung.

Prüfung des intakten Zahnes: $\overline{2|}$ Bei der ersten Prüfung Angabe von Wärmegefühl bei 70° C. und „Zuck" (Schmerz) bei 75° C. Bei den zwei nachfolgenden Prüfungen wird das Wärmegefühl bei 40° C. und der Schmerz bei 52° C. angegeben. (Die Unterschiede können wahrscheinlich durch die erste erfolgte Reizung bedingt sein. Ich muss aber bemerken, dass mir das bei den übrigen Fällen, wobei ebenfalls stets nachkontrolliert wurde, nicht vorgekommen ist.)

$\overline{|2}$ Bei 40° C. Wärmegefühl, bei 48° C. Schmerz. (Nähere Angaben waren nicht zu erhalten.)

Ich möchte mir nicht erlauben, aus den beschriebenen Fällen definitive Schlüsse zu ziehen. Die Versuchsreihe ist noch viel zu klein und soll eigentlich nur meine angegebene Methode illustrieren. Um definitive Resultate zu erhalten, müssen viele Fälle untersucht und miteinander verglichen werden. Immerhin scheint mir aus den beschriebenen Fällen ein deutlicher Unterschied in der Wärmeempfindung der Zähne verschiedener Personen hervorzutreten. Wie weit dabei das Alter und das Geschlecht eine Rolle spielen und selbstverständlich die Struktur des Zahnes, wie auch der Allgemeinzustand, könnte ich nur vermutungsweise, nicht aber exakt angeben. Auf alle Fälle sind die Versuchsunterschiede zwischen denen *Türkheim's* und den meinigen so eklatant, dass ich seine Angaben wohl für pathologisch verändertes Dentin für richtig erachte, nicht aber für normales.

Da das Gebiet der Physiologie der Zähne im Grunde genommen noch wenig erforscht ist, hoffe ich zu seiner Klärung einen kleinen Beitrag gegeben zu haben. Ich werde nicht verfehlen, zu versuchen, die angegebene Methode noch weiter auszubauen.

Zum Schlusse gestatte ich mir, Herrn Prof. Dr. med. *R. Bing* für die erteilten Ratschläge und seine Bemühungen aufrichtig zu danken.

Literatur.

1. *Boll*, Untersuchung über Zahnpulpa. Archiv für mikroskop. Anatomie, Bd. IV. — 2. *Black, G.*, Konservierende Zahnheilkunde, Bd. 1. Berlin 1914. — 3. *Ceconi*, Beitrag zum Studium des Empfindungsvermögens gesunder Zähne. Ref. Deutsche Monatsschr. 1905. — 4. *Dependorf*, Beiträge zur Kenntnis der Innervierung der menschlichen Zahnpulpa. Deutsche Monatsschr. 1913. — 5. *Fritsch*, Untersuchungen über den Bau und die Innervierung des Dentins. Archiv für mikroskop. Anatomie 1914. — 6. *Grätz*, Die Elektrizität. Stuttgart 1922. — 7. *Gysi*, Versuch zur Erklärung der Empfindlichkeit des Dentins. Schweiz. V. f. Z. 1901, Nr. 1. — 8. *Höhl, E.*, Beitrag zur Histologie der Pulpa und des Dentins. Archiv für Anatomie und Entwicklungsgeschichte 1896. — 9. *Huber*, The innervation of tooth pulp. Dental Cosmos 1898. — 10. *Kanae Hanazawa*, Eine Studie über den genauen Bau des Dentins. Vierteljahrschr. für Zahnheilkunde, Berlin 1923, Heft 3. — 11. *v. Korff*, Die Entwicklung der Zahnbeingrundsubstanz der Säugetiere. Archiv für mikroskop. Anatomie und Entwicklungsgeschichte, Bd. 67. — 12. *Morgenstern, M.*, Über die Innervation des Zahnbeines. Archiv für Anatomie und Entwicklungsgeschichte 1896. — 13. *Derselbe*, Über das Vorkommen von Nerven in der harten Zahnsubstanz. Deutsche

Monatsschr. für Zahnheilkunde 1892 und 1895. — 13. *Mummery*, The distribution of the nerves of the dental pulp. The Dental Record 1912. — 14. *Peckert, H.*, Einführung in die konservierende Zahnheilkunde. Leipzig 1912. — 15. *Port* und *Euler*, Lehrbuch der Zahnheilkunde. München 1920. — 16. *Römer, O.*, Zahnhistologische Studie 1899. — *Derselbe*, Über Sensibilität des Zahnbeins. Deutsche Monatsschr. für Zahnheilkunde 1899, Heft 9. — *Derselbe*, Atlas der pathologisch-anatomischen Veränderungen der Zahnpulpa nebst Beiträgen zur normalen Anatomie von Zahnbein und Pulpa beim Menschen. Freiburg 1909. — 17. *Scheff*, Handbuch der Zahnheilkunde. Leipzig 1909. — 18. *Steiner*, Über das Empfindungsvermögen der Zähne des Menschen. Centralblatt für Physiologie 1901, Bd. XV, Nr. 20. — 19. *Türkheim, H.*, Untersuchungen über das Empfindungsvermögen des Dentins. Ergebnisse der gesamten Zahnheilkunde 1922, Bd. VI, III./IV. Heft. — 20. *Wanmosuenek*, Über die Sensibilität der Zähne gegen den Wechsel der Temperatur. Archiv für Zahnheilkunde 1910. — 21. *Walkhoff, O.*, Die Nervenfrage im Zahnbein. Deutsche Zahnheilkunde 1923, Heft 60. — *Derselbe*, Die Überempfindlichkeit des Zahnbeins. Berlin 1922. — *Derselbe*, Mikrophotographischer Atlas der normalen Histologie menschlicher Zähne. Hagen W. 1894. — *Derselbe*, Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde. Berlin 1921. — 22. *Zunz* und *Loewy*, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Leipzig 1920.

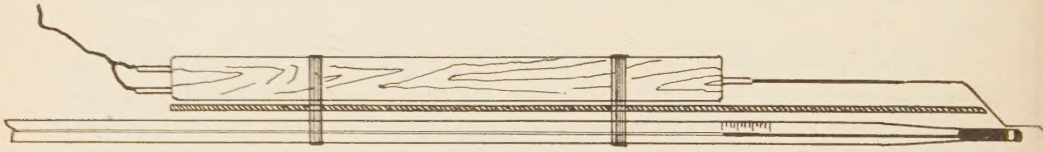

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

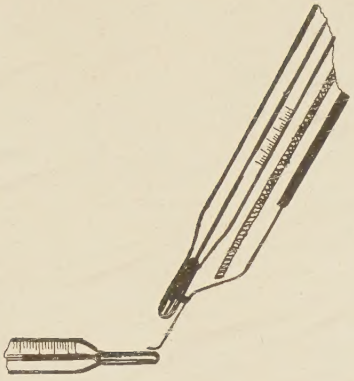

Fig. 4.

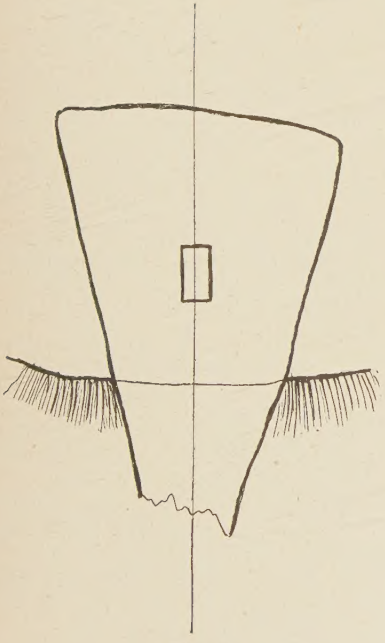

Fig. 5.

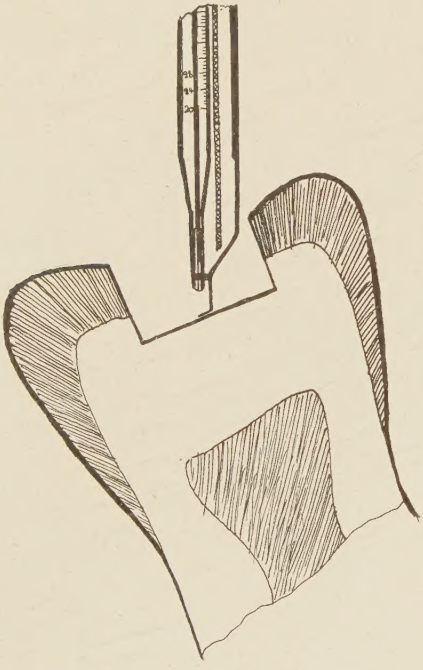

Fig. 6.